

Projet n°AURG/2/161

Aval Fonio

Amélioration de l'après récolte et valorisation du fonio en Afrique

WORK PACKAGE 3

Amélioration des techniques de transformation et de stabilisation du fonio

Livrable 9

Séchage du fonio – Le séchoir serre solaire CSec-S



Auteurs:

CRUZ Jean-François, RIVIER Michel, KEBE Cheikh Mouhamed Fadel, DIALLO Abdoul, ANNE Alkassoum Abdoulaye

Coordination générale du projet : CRUZ Jean-François (Cirad)

Coordination du projet au Sénégal : KEBE Cheikh Mouhamed Fadel (ESP-UCAD)

CIRAD (Centre de Coopération internationale en Recherche Agronomique pour le Développement) – France

ESP-UCAD (Ecole Supérieure Polytechnique / Université Cheikh Anta Diop) - Sénégal

Janvier 2017



Union Africaine



Union Européenne
Procédure EuropeAid

Projet n°AURG/2/161

Aval Fonio

Amélioration de l'après récolte et valorisation du fonio en Afrique

WORK PACKAGE 3

Amélioration des techniques de transformation et de stabilisation du fonio

Livrable 9

Séchage du fonio – Le séchoir serre solaire CSec-S

Coordination générale du projet : CRUZ Jean-François (Cirad)

Coordination du projet au Sénégal : KEBE Cheikh Mouhamed Fadel (ESP-UCAD)

CIRAD (Centre de Coopération internationale en Recherche Agronomique pour le Développement) – France

ESP-UCAD (Ecole Supérieure Polytechnique / Université Cheikh Anta Diop) - Sénégal

Janvier 2017

Auteurs:

CRUZ Jean-François (1), RIVIER Michel (1),

KEBE Cheikh Mouhamed Fadel (2), DIALLO Abdoul (2), ANNE Alkassoum Abdoulaye (2)

(1) Cirad (Centre de Coopération internationale en Recherche Agronomique pour le Développement)
UMR QualiSud, Département PERSYST, TA B-95/16, 73 rue Jean François Breton,
34398 Montpellier Cedex 5, France.

(2) ESP – UCAD (Ecole Supérieure Polytechnique – Université Cheick Anta Diop), Dakar Fann, Sénégal.

Ce travail a été réalisé en partenariat avec

En France

MEOT Jean-Michel, (Cirad, UMR QualiSud, WP3)

GOLI Thierry, (Cirad, UMR QualiSud, WP3)

FERRÉ Thierry (Cirad, UMR Innovation, WP4)

BIAU Lionel (Société SIREA)

Au Sénégal

Mme NDIAYE Aïssatou (Directrice GIE Koba Club)

Mme SOW Adjil Madjiguene (ESP-UCAD, WP3)

SAMBOU Vincent (ESP-UCAD)

WANE Ousmane (ESP-UCAD)

GOUBA Daniel (Entreprise CSBAT, Dakar)

En Guinée

Mme BALDÉ Hadiatou (ONG ADESAG) et les transformatrices de fonio du village de Pilimini (Fouta Djallon)

BÉAVOGUI Famoï (Directeur Général IRAG, WP1)

DIALLO Thierno Alimou (IRAG, WP2)

CAMARA Sawa (IRAG, WP2)

Au Mali

Mme MARIKO Fadima (Directrice UCODAL)

Mme BORE Fanta GUINDO (IER, WP3)

Au Burkina Faso

MEDAH Ignace (IRSAT, WP4)

Les auteurs souhaitent également remercier :

- tous les personnels des entreprises Koba Club (Sénégal) et Ucodal (Mali) qui ont participé aux essais des différents séchoirs « serre solaire CSec-S » depuis l'origine
- tous les agents des instituts de recherche qui ont participé aux différentes activités du projet Aval Fonio dans le cadre du WP3 « Amélioration des techniques de transformation et de stabilisation du fonio.

Nota : Ce travail est soutenu financièrement par l'Union Africaine (procédure EuropeAid). Il ne reflète pas nécessairement les vues et en aucun cas ne préfigure la politique future de l'Union Africaine dans le domaine.

Photo de couverture :

Le séchoir serre solaire CSec-S au GIE Koba Club de Kédougou au Sénégal (© A. Diallo, ESP/UCAD)

Table des matières

1. Introduction	2
2. Séchage du fonio transformé.....	2
3. Le premier séchoir serre solaire CSec-S	3
3.1. Conception du premier séchoir serre solaire CSec-S	3
3.2. Performances du premier séchoir serre solaire CSec-S	4
3.3. Intérêt du séchoir serre solaire CSec-S	5
4. Le nouveau séchoir serre solaire CSec-S	5
4.1. Présentation du nouveau séchoir serre solaire CSec-S.....	5
4.2. Essais de validation du séchoir serre solaire CSec-S	6
4.2.1. Instrumentation du séchoir CSec-S expérimental au Sénégal.....	6
4.2.2. Essai de validation du séchoir CSec-S	7
4.3. Transfert du séchoir CSec-S en milieu réel.....	9
4.3.1. Implantation d'un séchoir serre solaire CSec-S au Sénégal Oriental.....	9
4.3.2. Implantation d'un séchoir type « serre solaire » en Guinée	10
5. Conclusion.....	11
6. Bibliographie	11

1. Introduction

Le séchage des grains est nécessaire pour éviter les risques d'altération par les moisissures au cours du stockage. Pour assurer une bonne conservation, leur activité en eau ou *aw* (*activity of water*) doit en général être inférieure à 0,6; seuil au-dessous duquel les micro-organismes ne peuvent pas se développer et où l'activité enzymatique est bloquée (Cruz *et al.*, 2016d). Les grains de fonio paddy doivent ainsi être séchés jusqu'à une humidité de sauvegarde inférieure ou égale à 11 % et les grains de fonio transformé (fonio blanchi, fonio précuit...) jusqu'à une humidité voisine de 10 %.

2. Séchage du fonio transformé

Après les opérations de lavage, de dessablage et de précuisson, les grains de fonio blanchis se trouvent réhumidifiés jusqu'à une teneur en eau souvent supérieure à 30 %. Il est alors indispensable de les sécher jusqu'à une humidité voisine de 10 % afin d'assurer une bonne conservation. Au niveau des petites unités de transformation (groupements de femmes, petites agro-industries...) le séchage des produits du fonio (fonio blanchi lavé, fonio précuit...) est souvent réalisé par une exposition directe au soleil en étalant les grains sur des nattes ou des plateformes recouvertes d'un tissu ou d'un plastique. Durant le séchage les grains risquent alors d'être pollués par diverses impuretés (poussières, fientes d'oiseaux...) qui déprécient considérablement le fonio (Cruz *et al.*, 2011).

Au cours d'un précédent projet intitulé *INCO FONIO* (2006-2008) financé par l'Union Européenne, deux types de séchoirs ont été conçus afin d'améliorer la qualité du fonio commercialisé. Il s'agit d'un séchoir solaire de type «serre» (CSec-S) et d'un séchoir à claies de type traversant (CSec-T).

Dans le cadre du WP3 «Amélioration des technologies de transformation et de stabilisation du fonio technologies post-récolte du fonio», du projet *Aval Fonio* (figure 1), les activités avaient pour objectif d'améliorer et de valider ces premiers prototypes en collaboration avec des équipementiers locaux et des petites entreprises de transformation du fonio (Cruz *et al.*, 2016a).

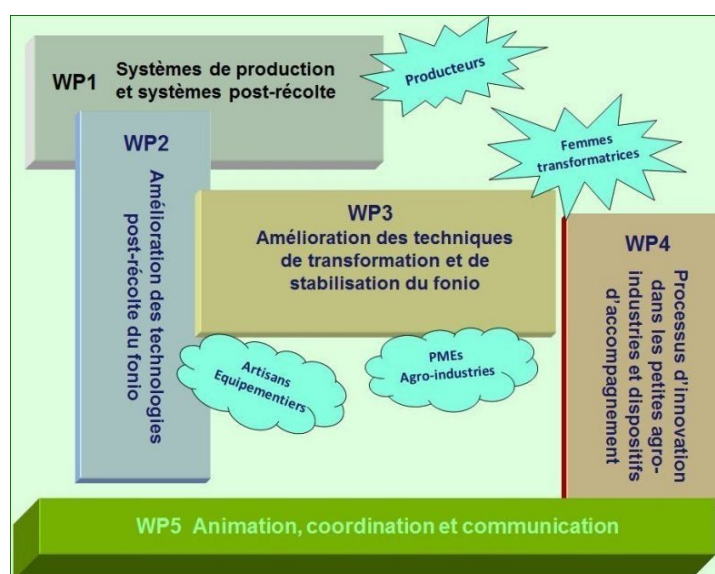


Figure 1. Schéma des workpackages du projet Aval Fonio (© J-F Cruz, Cirad)

3. Le premier séchoir serre solaire CSec-S

3.1. Conception du premier séchoir serre solaire CSec-S

Le premier prototype de séchoir serre solaire CSec-S a été créé par le Cirad en 2006 (projet INCOFONIO) comme une alternative au séchage solaire direct.

Le séchoir a été conçu pour :

- sécher les produits (fonio ou autres) tout en les protégeant des intempéries et des pollutions extérieures (poussières, oiseaux...)
- réduire la manipulation des produits. En comparaison au séchage naturel au soleil, il n'est pas nécessaire de rentrer les produits à l'arrivée des pluies ou en fin de journée.

Le premier séchoir serre solaire était constitué des éléments suivants :

Une structure en tubes galvanisés supportant un film plastique et reposant sur une dalle et des pignons en maçonnerie (Cruz *et al.*, 2008).

Le pignon avant est percé d'une porte et de deux fenêtres équipées d'une toile moustiquaire, renforcée d'un tissu arrêtant les poussières tout en permettant les entrées d'air (figure 2).

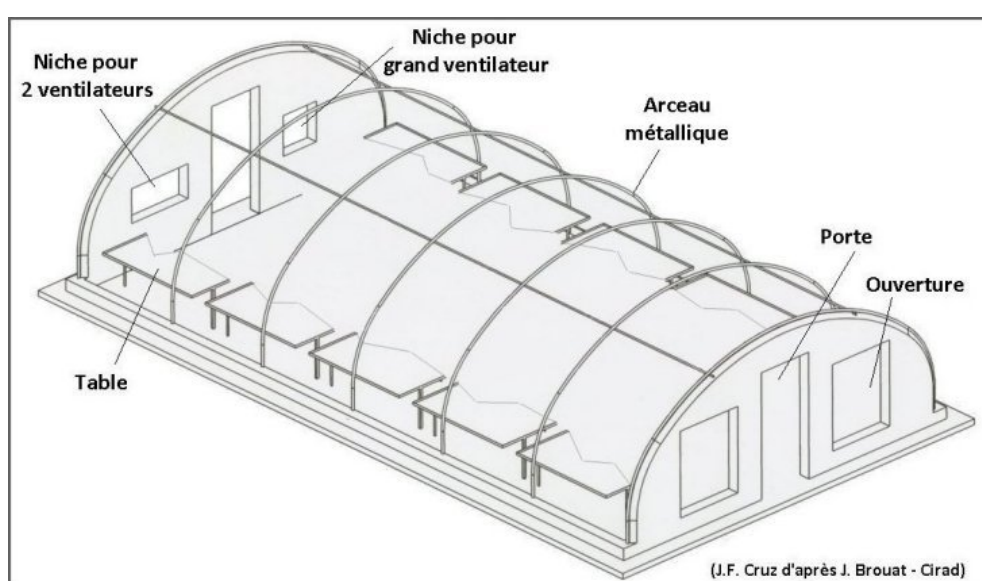


Figure 2. Structure du séchoir serre solaire initial (© Cruz *et al.*, 2011).

Le pignon arrière du séchoir est équipé de deux ventilateurs axiaux, qui peuvent fonctionner en continu pour renouveler l'air du séchoir, et d'un autre ventilateur à plus grand débit, qui doit être mis en marche pour permettre aux opératrices d'intervenir dans le séchoir au cours de la journée pour brasser le produit. À l'intérieur du séchoir, trois ventilateurs de plafond brassent l'air intérieur de la serre et assurent un renouvellement de l'air autour du produit.

Le séchoir serre est équipé de tables métalliques recouvertes de nattes et de tissus sur lesquels le fonio humide est étalé en couche mince.

Les principales caractéristiques du séchoir serre solaire expérimental sont données dans le tableau 1 suivant :

Tableau 1. Principales caractéristiques du séchoir serre solaire (CSec-S).

Longueur	12 m
Largeur	6,5 m
Surface totale des claies ou tables	43 m ²
Charge par m ²	9 kg/m ²
Charge en eau à éliminer (séchage de 35% à 10% b.h.)	2,5 kg eau/m ²

3.2. Performances du premier séchoir serre solaire CSec-S

Un premier modèle de séchoir serre solaire a été installé en 2006 à l'entreprise Ucodal à Bamako (Mali) qui produit du fonio précuit. Le séchoir a été monté par l'entreprise Mod Engineering de Bamako sous la supervision du Cirad (figure 3).



Figure 3. Le séchoir serre solaire chez Ucodal à Bamako (© Cruz, Cirad).

Les premiers tests du séchoir « serre solaire » (CSec-S) ont été réalisés par le Cirad (C. Marouzé, J-F. Cruz) en novembre 2006 en collaboration avec le Laboratoire de Technologie Alimentaire de l'IER (D. Dramé, M. Diarra, K. Tangara) et le personnel de l'entreprise Ucodal (figure 4).

L'essai a porté sur le séchage de 280 kg de fonio précuit de 35 % à 7,2 % en 22 h. Le chargement du séchoir a eu lieu le 23 novembre 2006 entre 16 h et 16h30 et la vidange le 24 novembre vers 14h30. Les résultats sont donnés dans le tableau 2 suivant :

Tableau 2. Premier test du séchoir solaire CSec-S en saison sèche

Quantité de fonio précuit humide	280 kg
Humidité initiale (b.h.)	35 %
Densité de chargement	6,5 kg/m ²
Quantité de fonio sec	196 kg
Humidité finale (b.h.)	7,2 %
Durée totale de séchage	22 h

Une simulation du coût de revient du séchoir serre solaire avait été réalisée à l'époque et avait conduit à un coût total d'utilisation du séchoir de 24 FCFA/kg de fonio séché (dont 4 FCFA/kg de consommation électrique). Cette simulation partait d'un investissement initial de 3,5 M FCFA pour une durée de vie du séchoir de 10 ans et une trentaine de tonnes de fonio séché annuellement.



Figure 4. Essais de séchage de fonio précuit dans la serre solaire (© Cruz, Cirad).

Les bons résultats obtenus en saison sèche nécessitaient d'être confirmés en saison humide. De nouveaux essais ont ainsi été réalisés en période d'hivernage (juillet et août 2007). Ils ont porté sur le séchage de 400 kg de fonio précuit de 32,5 % à 8,5 % en 24 h et ils ont également donné de bons effets en terme de qualité des produits obtenus (Marouzé *et al.*, 2008). Les résultats sont donnés dans le tableau 3 suivant.

Tableau 3. Test du séchoir solaire CSec-S en saison humide

Quantité de fonio précuit humide	400 kg
Humidité initiale (b.h.)	32,5 %
Densité de chargement	9,3 kg/m ²
Quantité de fonio sec	295 kg
Humidité finale (b.h.)	8,5 %
Durée totale de séchage	24 h

3.3. Intérêt du séchoir serre solaire CSec-S

Suite aux différents essais, la Société Ucodal a pu intégrer définitivement le séchoir solaire dans sa ligne de production. Les utilisateurs ont été pleinement satisfaits des performances du séchoir en soulignant les principaux avantages suivants :

- Bons résultats de séchage quelle que soit la saison; ce qui permet de commercialiser du fonio même en saison humide.
- Produit protégé des intempéries, de la poussière, des oiseaux, lézards et rongeurs...
- Séchage rapide (< 24 h) pour n'importe quel produit à basse température 50-60°C
- Manutention réduite (le fonio peut rester dans le séchoir toute la nuit même lorsqu'il pleut)
- Faible coût en énergie (essentiellement pour le fonctionnement des ventilateurs).

Cependant, les opérateurs ont rencontré quelques difficultés dans l'utilisation et la gestion des claies ou tables de séchage qui devraient pouvoir être plus maniables.

4. Le nouveau séchoir serre solaire CSec-S

Dans le cadre du WP3 «Amélioration des technologies de transformation et de stabilisation du fonio technologies post-récolte du fonio», du projet Aval Fonio, les activités ont consisté à repartir de ce premier séchoir serre solaire installé au Mali pour chercher à l'améliorer et à bien valider ses performances pour pouvoir le transférer auprès d'opérateurs privés.

4.1. Présentation du nouveau séchoir serre solaire CSec-S

Lors d'une mission de coordination Cirad réalisée à Dakar en septembre 2013, il a été proposé de définir un nouveau séchoir « serre solaire » (Cruz, 2013) en précisant notamment les deux points suivants:

- Ventilation de la serre solaire: l'utilisation de 3 ventilateurs axiaux pour renouveler l'air du séchoir n'est pas véritablement indispensable mais il apparaît néanmoins nécessaire d'équiper la serre d'un système d'aération pour évacuer l'air chaud et saturé qui s'accumule en partie supérieure du séchoir. Il a donc été prévu d'évacuer cet air par une extraction forcée au moyen d'un seul ventilateur axial basse pression alimenté par un panneau solaire.
- Construction des pignons en matériau léger (bois contreplaqué, plexiglass...) à plus faible inertie thermique.

Sur la base du cahier des charges ainsi établi, deux exemplaires de séchoir « serre solaire » CSec-S ont été commandés par le Cirad pour le compte de l'ESP à la société FilClair (France) en juillet 2014. Ces équipements ont été livrés au Sénégal à l'automne 2014 et un des séchoirs a été monté sur le site de l'Université de Dakar par le département Génie Mécanique de l'ESP-UCAD.

Le nouveau séchoir CSec-S est constitué d'une serre agricole d'une surface d'environ 90 m² (14 x 6,4 m) et d'un volume de 200 m³ (figure 5). Il se compose d'une structure en tubes galvanisés reposant sur une dalle et supportant un film plastique thermique.

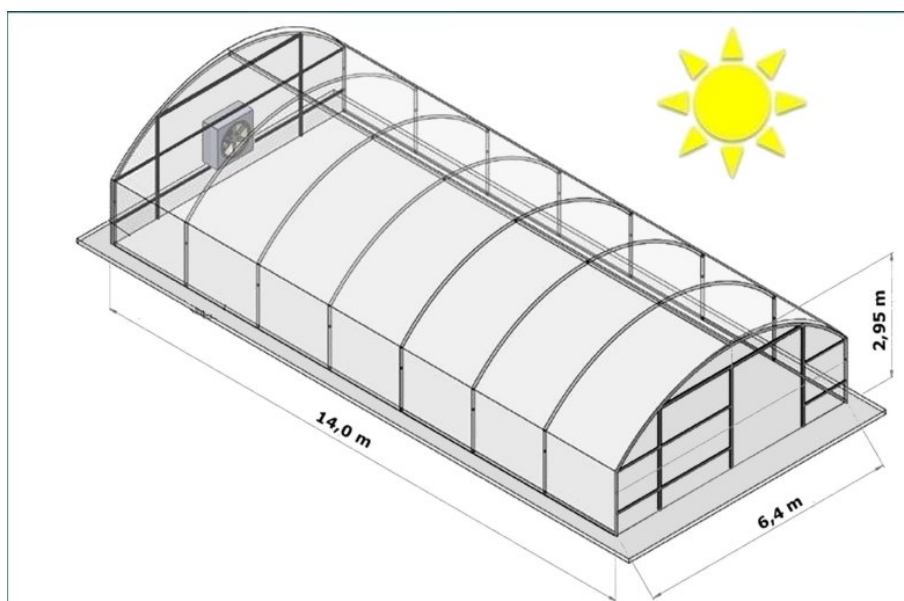


Figure 5. Schéma du nouveau séchoir serre solaire CSec-S (© A. Diallo, ESP).

Les pignons en maçonnerie, qui ont une inertie thermique importante, ont été remplacés par des pignons en plexiglass. Le pignon avant est équipé d'une porte coulissante et de 2 fenêtres d'aération (figure 6). Le pignon arrière est équipé d'un ventilateur axial, alimenté par un panneau solaire, qui permet de renouveler l'air du séchoir (figure 7).



Figure 6. Vue du séchoir CSec-S (© T. Ferré, Cirad)



Figure 7. Vue arrière du CSec-S (© M. Rivier, Cirad)

Le séchoir « serre solaire » CSec-S est équipé de 8 (à 10) claies rectangulaires suspendues aux arceaux de la serre (figure 9). Ce système a été préféré aux tables plus chères, plus encombrantes et difficilement maniables. Les claies sont en bois avec un fond en treillis métallique recouvert d'un tissu type voile ou popeline pour recevoir le fonio étalé en couche mince (Cruz *et al.*, 2016a). Les dimensions des claies sont de 2,5 m x 1,5 m (avec séparation en 4 zones représentant une surface utile de 3,5 m²).

4.2. Essais de validation du séchoir serre solaire CSec-S

4.2.1. Instrumentation du séchoir CSec-S expérimental au Sénégal

Pour permettre un suivi des conditions de séchage du fonio, le séchoir serre solaire CSec-S a été instrumenté selon une configuration définie par le Cirad en collaboration avec l'ESP/UCAD et illustrée dans le schéma ci-après (figure 8).

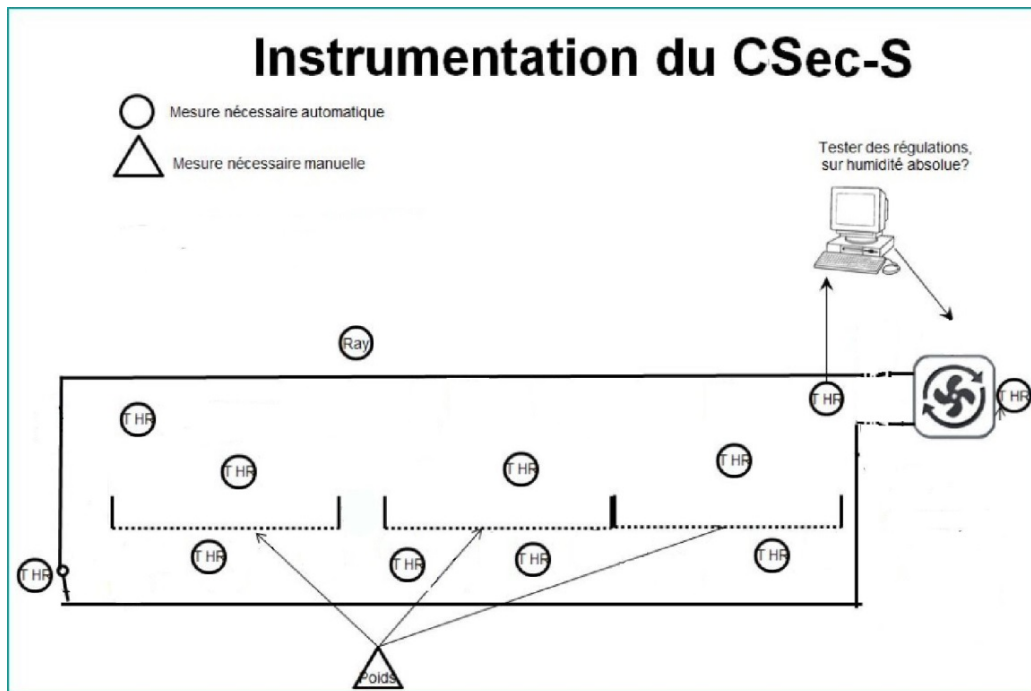


Figure 8. Instrumentation du séchoir « serre solaire » CSec-S

Les instrumentations de la serre solaire (sondes thermométriques, sondes hygrométriques, centrales d'acquisition...) ont été installées à l'occasion d'une mission d'appui de la société française Sirea effectuée en janvier 2015.

Le séchoir serre est équipé de l'instrumentation suivante :

- treize capteurs thermomètre-hygromètre répartis dans tout le volume de la serre,
- un pyranomètre de mesure du rayonnement solaire, positionné sur un mat extérieur à la serre,
- une centrale d'acquisition des données relevées par les capteurs et le pyranomètre.

4.2.2. Essai de validation du séchoir CSec-S

4.2.2.1. Essai préliminaire

Des essais préliminaires de validation du séchoir expérimental CSec-S ont été effectués à l'ESP-UCAD en mars 2015 à l'occasion d'une mission d'appui du Cirad (Rivier, 2015). Ces essais ont été réalisés sur un produit modèle constitué de serpillères imbibées d'eau puis de fonio précuit réhumidifié à 30 % sur 2 des 8 claies (figure 9).

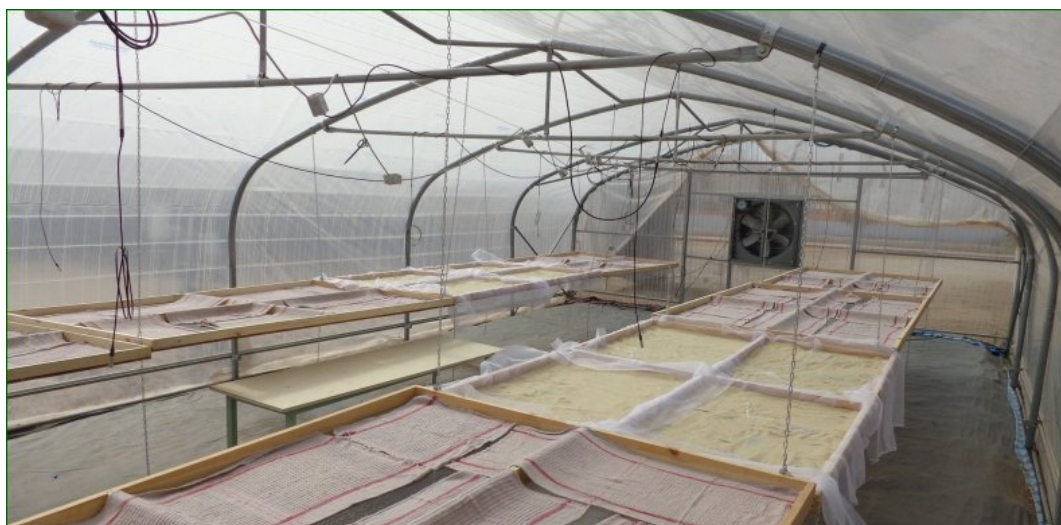


Figure 9. Essai préliminaire de validation du séchoir « serre solaire » CSec-S (© M. Rivier, Cirad)

Les températures et les humidités dans la serre ont été relevées durant tout un essai et leur évolution est présentée en figure 10.

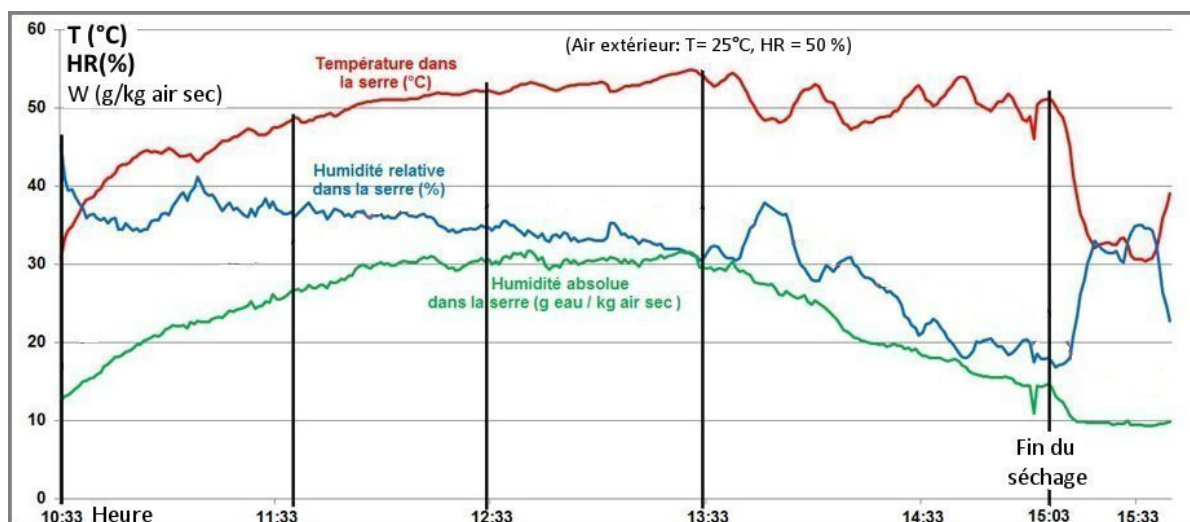


Figure 10. Suivi des températures et des humidités de l'air dans le séchoir CSec-S (© M. Rivier, Cirad)

On note que la température dans la serre atteint une valeur supérieure à 50°C (avec un maximum à 55°C) pour une température moyenne de l'air extérieur de 25°C. L'humidité absolue de l'air dans la serre est passée de 12 g d'eau/kg d'air en début de séchage à une valeur de 30 g d'eau/kg d'air au cours du séchage pour diminuer ensuite en fin de séchage. On peut s'interroger sur cette diminution d'humidité absolue de l'air de la serre en fin de séchage qui pourrait être due à une entrée d'air parasite ou à une stratification de couches d'air plus ou moins humides dans la serre (Rivier, 2015).

Lors des essais expérimentaux réalisés à Dakar, le rayonnement solaire sur la serre (exprimée en W/m^2), a pu être relevé au pyranomètre. La courbe représentée (figure 11) montre que le rayonnement solaire est surtout efficace ($> 600 W/m^2$) entre 10h et 16h avec un maximum proche de $1000 W/m^2$ vers 13h.

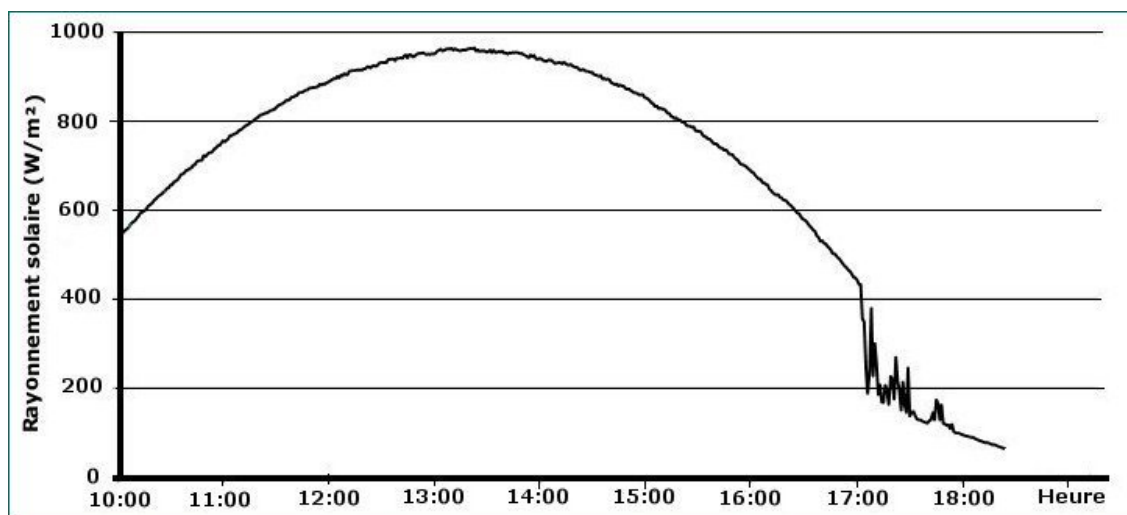


Figure 11. Rayonnement solaire sur la serre au cours d'une journée (© M. Rivier, Cirad)

Pour une température extérieure de 30 °C, la température dans la serre peut atteindre 55 à 60 °C. Cette température peut être abaissée par la mise en route de l'extracteur pour permettre, au besoin, aux opérateurs de charger ou de vider le séchoir dans des conditions de température moins éprouvantes.

Les résultats des essais préliminaires montrent qu'au cours du séchage, la quantité d'eau évacuée a été légèrement supérieure à 1 kg/m² de surface de claies. Les pesées des témoins ont également permis de constater une très bonne homogénéité de séchage pour les différentes claies (Rivier, 2015).

4.2.2.2. Essai de validation du séchoir CSec-S

Pour valider le séchoir CSec-S, un essai de séchage en vraie grandeur a été réalisé lors de la réunion du projet Aval Fonio à Dakar en juin 2015.

L'essai de validation a porté sur le séchage de 315 kg de fonio précuit humide (a priori 35 %) répartis en couche mince sur 10 claies (ou 35 m²) comme illustré en figure 12 et figure 13.

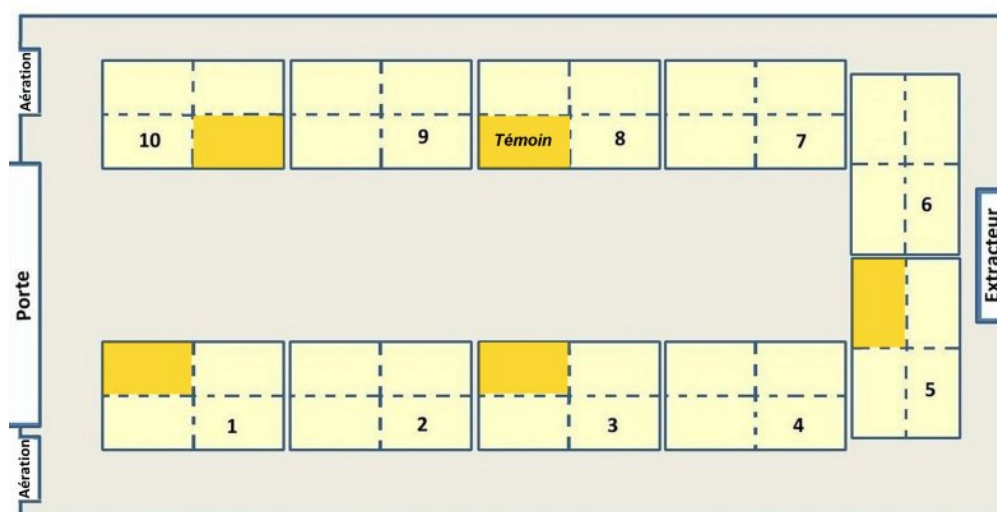


Figure 12. Schéma de la disposition des claies de séchage dans le séchoir CSec-S (© M. Rivier, Cirad)



Figure 13. Essai de séchage du fonio en serre solaire à Dakar (© J-F Cruz, Cirad)

A l'issue du test, on a obtenu 210 kg de fonio sec après une durée de séjour du fonio dans la serre de plus de 20h (avec approximativement 9h d'ensoleillement effectif). Des pesées périodiques de claies témoins ont permis de vérifier une bonne homogénéité de séchage sur les différentes claies (Cruz et Kébé, 2015).

4.3. Transfert du séchoir CSec-S en milieu réel

4.3.1. Implantation d'un séchoir serre solaire CSec-S au Sénégal Oriental

Le second séchoir serre solaire CSec-S acheté à FilClair par le Cirad pour le compte de l'ESP a été transféré à Kédougou au Sénégal Oriental à la fin de l'année 2015 (Diallo, 2015). Le choix de son implantation au GIE Koba Club découle du fait qu'il s'agit de la principale structure de transformation du fonio au Sénégal Oriental avec une production de plus de 200 kg de fonio précuit par jour (Kébé *et al.*, 2013). Le montage de ce séchoir au GIE Koba Club, est décrit dans le livrable 10 « *Dossier d'adaptation et de montage du séchoir solaire CSec-S* ».

Les premiers essais de fonctionnement (figure 14) qui ont permis de sécher environ 250 kg de fonio précuit sont décrits dans le livrable 11 « *Expérimentation en entreprise du séchoir serre solaire CSec-S* ».



Figure 14. Essai du séchoir CSec-S au GIE Koba Club à Kédougou (© A. Diallo, ESP)

Au cours du premier semestre 2016, le GIE Koba club a continué à utiliser le séchoir en séchant de 150 à 250 kg de fonio par jour. On a pu noter que le GIE Koba Club chargeait le séchoir en fonio humide, le soir après 18h. Cette pratique n'est pas idéale car le séchoir se retrouve ainsi rempli d'une grande masse de produit humide à une heure de la journée où le rayonnement solaire est négligeable. Il s'en suivra ensuite une période d'une quinzaine d'heures (nuit et petit matin) durant laquelle la température dans la serre s'abaisse et peut entraîner des risques importants de condensation (et éventuellement de fermentation) avant que le rayonnement solaire ne redevienne efficace (Cruz *et al.*, 2016a).

4.3.2. Implantation d'un séchoir type « serre solaire » en Guinée

Pour que des résultats du projet Aval Fonio en matière de séchage obtenus au Sénégal puissent bénéficier à d'autres partenaires, notamment en Guinée, un petit séchoir serre a été installé dans la communauté rurale de Pilimini, préfecture de Koubia. Dans ce village du Fouta Djallon un groupement de femmes souhaite développer son activité de transformation du fonio pour mieux valoriser cette céréale en produisant du fonio précuit (forme de fonio transformé peu répandue en Guinée). Le groupement est appuyé par l'ONG Franco-guinéenne ADESAG qui œuvre pour le développement de l'entrepreneuriat solidaire en Guinée et qui a déjà équipé le groupement d'un décortiqueur-blanchisseur GMBF (Cruz *et al.*, 2016b).

Dans un premier temps, les quantités transformées par les transformatrices étant encore relativement faibles (quelques dizaines de kg), il a été convenu que le séchoir serre solaire de marque FilClair était surdimensionné et qu'il était nécessaire de rechercher un séchoir d'une vingtaine de m² seulement. Le choix a porté sur une serre de la marque Tonneau (type 5ème saison) ayant les caractéristiques suivantes : Longueur : 4,5 m, largeur : 5 m, hauteur : 2,37m. La serre est constituée d'une armature en acier galvanisé avec une couverture transparente en PVC armé. Etant donnée sa petite taille, la serre n'est pas équipée d'un extracteur d'air mais simplement d'une porte sur chacun des pignons afin de faciliter le courant d'air pour permettre une aération naturelle (figure 15). A Pilimini, la serre a été installée sur une dalle carrelée réalisée par les bénéficiaires.



Figure 15. Le séchoir serre solaire (marque Tonneau) à Pilimini en Guinée (© H. Baldé, Adesag)

5. Conclusion

Le séchoir serre solaire CSec-S de 90 m² équipé de 10 claies ou plus permet d'assurer une capacité de chargement d'environ 300 kg (à raison de 8,5 kg/m² de claie) pour sécher du fonio humide transformé (blanc ou précuit) de 35% à 10% en 24h. Les opérateurs privés qui ont pu utiliser le séchoir CSec-S sont satisfaits des bonnes performances obtenues en conditions réelles d'utilisation. Pour assurer une utilisation plus rationnelle du séchoir serre solaire, il faut recommander un chargement du séchoir en fin de matinée afin de profiter pleinement du rayonnement solaire pour garantir un séchage efficace et une stabilisation rapide du fonio.

Les spécialistes en mécanisation considèrent que cet équipement est validé pour le séchage du fonio transformé (blanchi et/ou précuit). La diffusion de ce type de séchoir est à promouvoir auprès d'unités de transformation agroalimentaires car sa polyvalence permet son utilisation sur différents types de produits agricoles (Cruz *et al.*, 2016c). Les PME visées doivent cependant disposer d'un espace suffisamment grand et dégagé pour permettre son implantation.

6. Bibliographie

- Cruz J-F. 2013. Rapport de mission au Sénégal du 25 septembre au 2 octobre 2013. Projet Aval Fonio. Cirad –Persyst, Montpellier, France. 7p. (diffusion restreinte)
- Cruz J-F., Goli T., Ferré T., Thaunay P. 2016a. Amélioration de l'après récolte et valorisation du fonio en Afrique. Projet Aval Fonio. Rapport scientifique et technique final. Cirad–Persyst, Montpellier, France, 48 p.
- Cruz J-F., Goli T., Ferré T., Thaunay P. 2016b. Amélioration de l'après récolte et valorisation du fonio en Afrique. Projet Aval Fonio. Rapport annuel 2015-2016. Cirad –Persyst, Montpellier, France, 47 p.
- Cruz J-F., Rivier M., Diallo A., Ferré T., Kébé C. M. F., Anne A., Sambou V., Medah I., Méot J-M. 2016c. Séchoir serre solaire CSec-S. In : Adaptation et résilience du changement climatique pour un développement durable : place et rôle de la science, de la technologie et de l'innovation : FRSIT 2016. Ouagadougou, Burkina Faso. 1 poster
- Cruz J.-F., Hounhouigan D.J., Fleurat-Lessard F., Troude F. 2016d. La conservation des grains après-récolte. Collection Agricultures tropicales en Poche, Quae, Cta, Presses agronomiques de Gembloux, 231 p.
- Cruz J-F., Kébé C. M. F. 2015. Rapport de l'atelier de Dakar du 8 au 12 juin 2015. Projet Aval Fonio. Amélioration de l'après récolte et valorisation du fonio en Afrique. Cirad, ESP-UCAD, Cirad–Persyst, Montpellier, France. 32 p. (diffusion restreinte).
- Cruz J.F., Béavogui F., Dramé D. 2011. Le fonio, une céréale africaine. Collection Agricultures tropicales en Poche, Quae, Cta, Presses agronomiques de Gembloux, 175 p.
- Cruz J.F., Marouzé C., Rivier M., Méot J.M., Drame D., Diarra M., Tangara K., Yalcouyé D. 2008. Amélioration de la qualité du fonio. Développement de séchoirs [Poster]. In : Cruz Jean-François (ed.). Amélioration de la qualité et de la compétitivité de la filière fonio en Afrique de l'Ouest. [Cd-Rom]. Montpellier : CIRAD, 1 p.
- Diallo A. 2015. Rapport de mission à Kédougou du 30 octobre au 2 novembre 2015. Projet Aval Fonio. ESP-UCAD, Dakar, Sénégal. 10 p. (diffusion restreinte)
- Kébé C.M.F., Cissé M., Ayessou N. 2013. Rapport de mission à Salémata, Kédougou et Kayes du 3 au 7 août 2013. Projet Aval Fonio. ESP-UCAD, Dakar, Sénégal. 8 p. (diffusion restreinte)
- Marouzé C., Cruz J.F., Rivier M. 2008. Equipements pour le séchage du fonio. Projet INCOFONIO. Amélioration de la qualité du fonio et de la compétitivité de la filière fonio en Afrique de l'Ouest. Cirad, Montpellier, France. 10 p.
- Rivier M. 2015. Essais de validation des séchoirs à flux traversant (CSec-T) et « serre solaire » (CSec-S). Projet Aval Fonio. Cirad, Montpellier, France. 20 p.